

PROCEEDINGS PIT HAGI 2012

37th HAGI Annual Convention & Exhibition

Palembang, 10-13 September 2012

RELOKASI GEMPA MIKRO MENGGUNAKAN METODE DOUBLE DIFFERENCE UNTUK MEMODELKAN RESERVOIR LAPANGAN PANASBUMI KAMOJANG¹Dedy Ismanto Hadi ¹Muh. Irfan ¹Drs. Hasanuddin MS ¹Sabrianto Aswad, S.Si, MT ²Aditya A. Juanda¹Geofisika Unhas, ²PT. Pertamina Geothermal Energy Jakarta**Sari**

Relokasi hiposenter pada lapangan panasbumi Kamojang dilakukan untuk meningkatkan akurasi posisi hiposenter. Salah satu teknik yang dipakai dalam menentukan posisi hiposenter lebih akurat adalah algoritma *double difference*. Metode *double difference* didasarkan pada kenyataan bahwa jika terdapat perbedaan jarak antara dua hiposenter yang sangat kecil dibandingkan dengan jarak antara kedua hiposenter tersebut terhadap stasiun maka pola sinar gelombang yang dihasilkan dapat dikatakan identik antara kedua hiposenter tersebut. Ini dapat diartikan pula bahwa dua gempa yang terekam pada stasiun yang sama akan memberikan kontribusi perbedaan pada jarak. Relokasi hiposenter telah dilakukan pada data gempa mikro lapangan panasbumi Kamojang. Hasil inversi metode Geiger dari data gempa tersebut berusaha untuk direlokasi dengan menggunakan model kecepatan yang telah ditentukan. Hasil relokasi memperlihatkan terdapat kumpulan gempa yang berorientasi di selatan barat daya area Kamojang. Hasil relokasi juga mengindikasikan bahwa distribusi hiposenter belum dapat menggambarkan struktur lokal yang berhubungan dengan sesar seperti yang tergambarkan dalam peta struktur geologi.

Pendahuluan

Salah satu pulau di Indonesia yang sangat berpotensi dalam bidang panasbumi adalah pulau Jawa khususnya pada daerah Kamojang, Jawa Barat. Dalam melakukan monitoring perubahan karakteristik reservoir akibat produksi terus menerus dan injeksi secara kontinu, dilakukan survei gempa mikro (MEQ). Dari banyaknya kejadian gempa mikro, besar kemungkinan terjadi kesalahan posisi hiposenter yang tidak saling berhubungan dan tidak memiliki pola. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk menentukan posisi hiposenter agar menjadi lebih baik dari posisi sebelumnya. Salah satu teknik yang sekarang ini digunakan untuk merelokasi hiposenter data gempa agar lebih akurat adalah algoritma *double difference*.

Hasil dan Diskusi**A. Penggunaan hypoDD untuk Data Sintetik Daerah Kamojang**

Sebelum penggunaan algoritma *double difference* pada data real lapangan area panasbumi Kamojang, ada baiknya diterapkan terlebih dahulu pada data sintetik disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Hal ini sangat penting untuk memperoleh parameter-parameter masukan pada hypoDD yang sesuai dengan karakteristik lapangan tanpa melakukan proses *trial and error* pada data real.

Pada kasus ini digunakan 6 stasiun yang sesuai dengan posisi stasiun yang sebenarnya. Data gempa bumi buatan yang digunakan sebanyak 5 gempa bumi ditunjukkan pada gambar 1 yang jarak diantaranya dipisahkan sejauh 100 m dengan kedalaman sekitar 2 km.

Untuk penentuan gempa bumi lokasi tunggal (*single event*) digunakan metode Geiger (Nishi, 2005). Untuk waktu tiba pada metode lokasi tunggal (*single event*), lokasi gempa ditentukan dengan dua cara. Pertama data masukan, dalam hal ini waktu tiba (*arrival time*) yang digunakan adalah waktu tempuh yang sebenarnya tanpa ditambahkan kesalahan. Kedua, data waktu tiba ditambahkan kesalahan sistematis (*systematic error*). Kesalahan sistematis ini berarti beberapa stasiun waktu tempuhnya akan ditambahkan atau dikurangkan perhitungan waktu tibanya (*arrival time*) dari yang sebenarnya. Setelah itu, hasil dari lokasi hiposenter akan direlokasi dengan menggunakan hypoDD dengan parameter-parameter yang telah ditentukan. Hasilnya kemudian diuji untuk menilai efek dari kesalahan sistematis pada relokasi gempa bumi menggunakan hypoDD. Kecepatan seismik yang digunakan adalah $V_p = 4.85$ km/s dan $V_s = 3.73$ km/s, menggunakan model kecepatan 1 D untuk model bumi homogen isotropis.

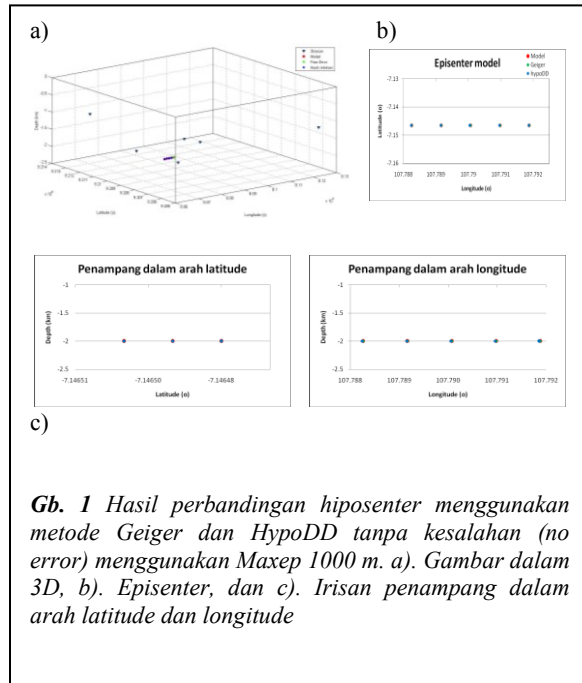
PROCEEDINGS PIT HAGI 2012

37th HAGI Annual Convention & Exhibition

Palembang, 10-13 September 2012

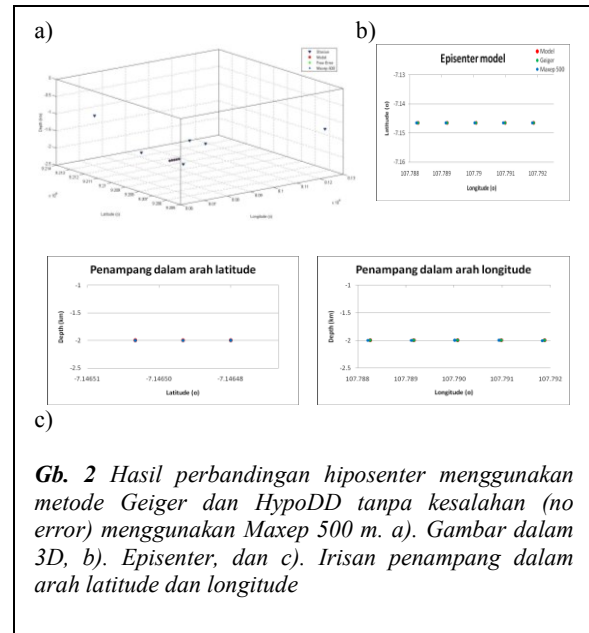
Hasil terbaik diperlihatkan oleh gambar 1 dengan parameter-parameter masukan dipilih Maxep 1000 m dan redaman 20 dengan banyak iterasi 2.

Dari gambar 1 terlihat bahwa kecenderungan (*trend*) umum membentuk pola yang hampir sama dengan model dan metode Geiger. Perbedaan terlihat pada penampang dalam arah latitude dan longitude serta kedalaman dari gempa sedikit bergeser lebih dalam dan lebih dangkal



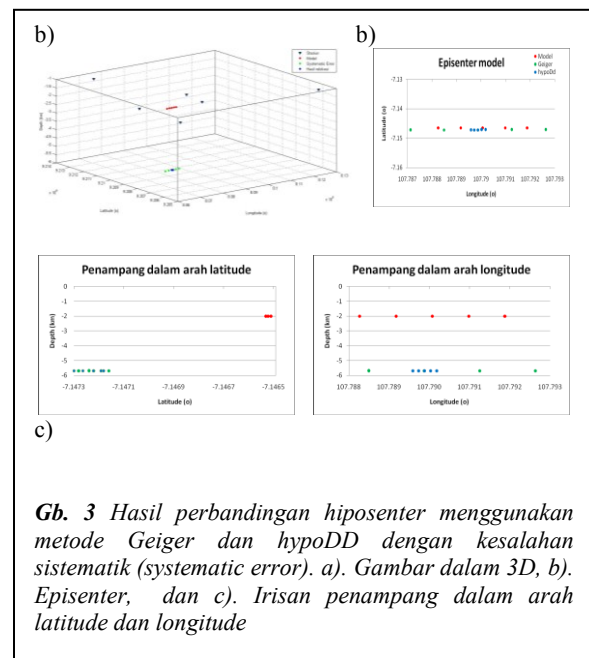
Gb. 1 Hasil perbandingan hiposenter menggunakan metode Geiger dan HypoDD tanpa kesalahan (no error) menggunakan Maxep 1000 m. a). Gambar dalam 3D, b). Episcenter, dan c). Irisan penampang dalam arah latitude dan longitude

Untuk melihat lebih jauh perbandingan mengenai kecenderungan arah dan besarnya jumlah gempa maka digunakan jarak Maxep yang lebih kecil. Dalam hal ini digunakan Maxep 500 m dengan redaman 20 dan banyaknya iterasi 2 (gambar 2).



Gb. 2 Hasil perbandingan hiposenter menggunakan metode Geiger dan HypoDD tanpa kesalahan (no error) menggunakan Maxep 500 m. a). Gambar dalam 3D, b). Episcenter, dan c). Irisan penampang dalam arah latitude dan longitude

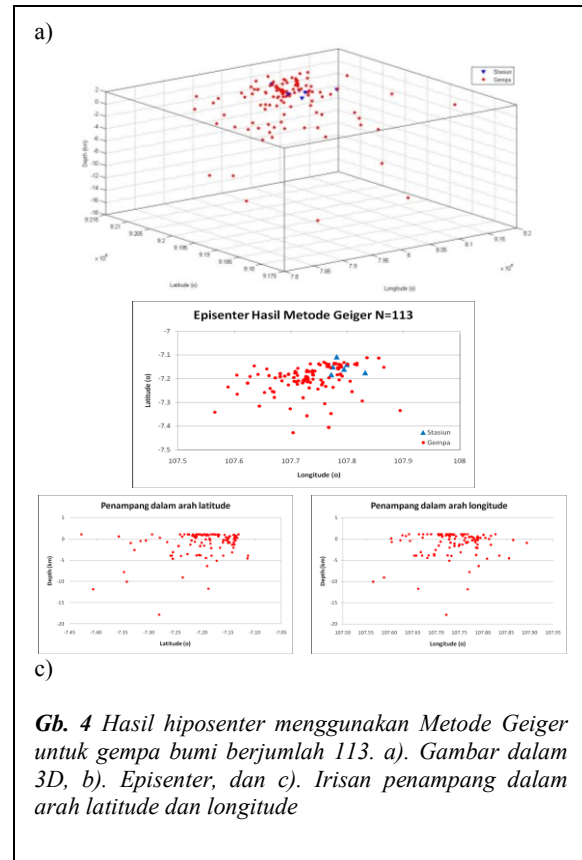
Pada kasus pemberian kesalahan sistematik, waktu tiba pada 3 stasiun (segitiga dalam) ditambahkan 0.2 detik dan 3 stasiun lainnya (segitiga luar) dikurangkan 0.2 detik. Untuk keberhasilan relokasi sendiri tidak hanya dibutuhkan banyaknya stasiun dan gempa, tetapi bagaimana distribusi stasiun yang merata serta gempa yang terekam berada di dalam jejaring stasiun. Untuk itu, model sintetik sederhana dibuat untuk memperlihatkan bagaimana hypoDD bekerja



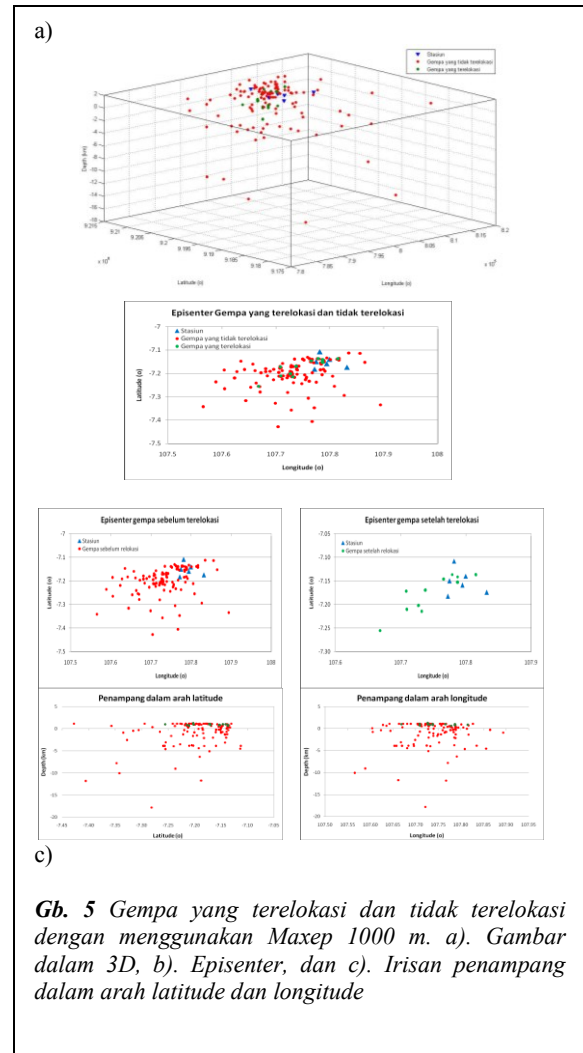
Gb. 3 Hasil perbandingan hiposenter menggunakan metode Geiger dan hypoDD dengan kesalahan sistematik (systematic error). a). Gambar dalam 3D, b). Episcenter, dan c). Irisan penampang dalam arah latitude dan longitude

B. Penerapan HypoDD Pada Data Real Area Panasbumi Kamojang

Kumpulan data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 113 gempa mikro yang terekam pada stasiun-stasiun pengamatan. Data ini diambil dalam interval waktu Juni s.d. September 2010. Hasil dari penentuan metode Geiger dari 113 gempa mikro dapat dilihat pada gambar 4.



Sebelum dilakukan hypoDD terlebih dahulu dilakukan seleksi jarak untuk gempa bumi menggunakan ph2dt dengan jarak 1000 m. Hasil dari ph2dt diperoleh sebanyak 67 pasangan gempa dengan jarak rata-rata antara gempa bumi 628 m. Rata-rata jarak yang berhubungan dengan kuat adalah 622 m dan jarak maksimum gempa bumi yang berhubungan dengan kuat adalah 976 m.



Sebanyak 38 gempa bumi yang berhasil direlokasi oleh hypoDD, sedangkan sisanya 75 gempa bumi gagal untuk membentuk kelompok (*cluster*) hal ini dikarenakan jarak ke-75 gempa ini terhadap gempa yang lainnya memiliki jarak lebih dari 1000 m. Jumlah kelompok (*cluster*) yang dihasilkan dari hypoDD dengan Maxep 1000 m adalah 11.

PROCEEDINGS PIT HAGI 2012

37th HAGI Annual Convention & Exhibition

Palembang, 10-13 September 2012

Kesimpulan

- a. Keberhasilan relokasi dengan menggunakan algoritma *double difference* tidak hanya didasarkan pada banyaknya stasiun dan gempa yang ada, tetapi bagaimana distribusi stasiun yang merata dan gempa yang terekam berada di dalam jejaring stasiun pengamatan.
- b. Distribusi hiposenter belum dapat menggambarkan struktur lokal yang berhubungan dengan sesar seperti yang tergambarkan dalam peta struktur geologi, hal ini dikarenakan minimnya database gempa yang diperoleh dari hasil penelitian sehingga belum dapat terlihat suatu pola/struktur yang jelas.
- c. Untuk hasil yang lebih maksimal dalam merelokasi gempa mikro maka distribusi jejaring stasiun lebih diperbanyak dan merata, khususnya pada bagian sekitar sumur injeksi. Sebaiknya data gempa yang digunakan relatif lebih banyak (data tahunan) agar hasil relokasi lebih maksimal, serta perlu dilakukan analisis sinyal gelombang untuk mendapatkan parameter gempa yang lebih jelas.

Pustaka

- Aswad, Sabrianto. 2010. Tesis Master. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hochstein, Manfred P., Sudarman S., 2008, *Geothermics* 37, 220-226.
- Kamah, Muh. Yustin. 2006. PT. PERTAMINA (PERSERO) Area Geothermal Kamojang. Bandung.
- Saptadji, Nenny Miryadi. 2001. Departemen Teknik Perminyakan Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral ITB. Bandung.
- Waldhauser, F., and Ellsworth, W.L., 2000, *California*, Bull. Seismol. Soc. Am. 90, 1353–1368.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Bapak **Muh. Yustin Kamah** selaku *Vice President* PSD PT Pertamina Geothermal Energy Jakarta yang telah memberikan izin akses data dan tugas belajar kepada penulis.

Tak lupa juga penulis ucapkan terima kasih kepada Mas **Aditya A. Juanda** selaku pembimbing dengan segala arahan, bimbingan dan *sharing* ilmunya selama melakukan *processing* serta pengambilan data di PGE.